

3-1 103番元素で見つけた周期表の綻び

— 103番元素ローレンシウムの第一イオン化エネルギー測定に成功 —

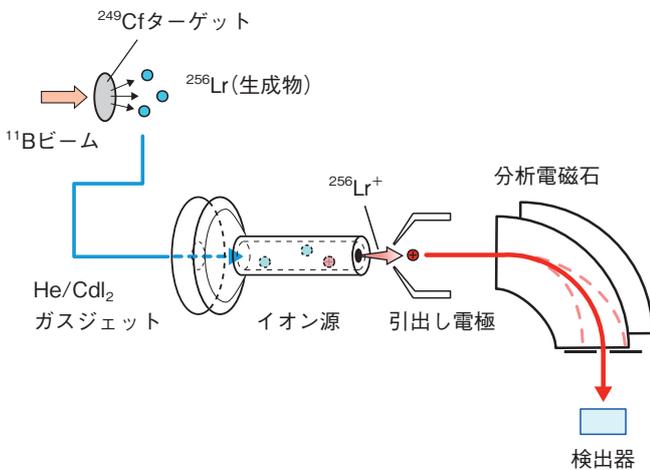


図3-2 実験装置図
核反応によって合成された²⁵⁶Lrは、He/CdI₂ガスジェット搬送法によって、迅速にイオン源へと運ばれ、イオン化されます。目的のイオンのみを分離・測定することで、イオン化効率を決定します。得られたイオン化効率から、第一イオン化エネルギー (IP₁) が決定されます。

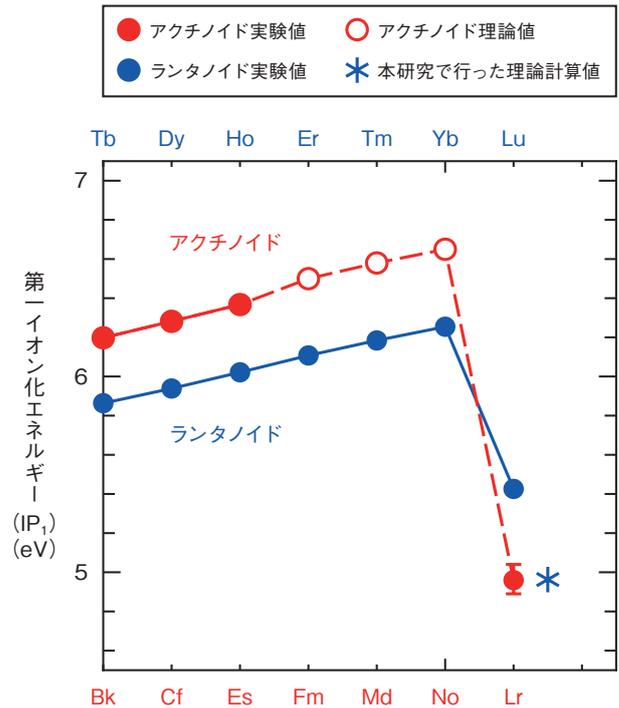


図3-3 ランタノイド及びアクチノイドの第一イオン化エネルギー (IP₁) の推移
ランタノイドの最後の元素であるLuと同様、LrでIP₁が小さくなるが示されました。

中学・高校の教科書にも載せられている元素周期表は、元素を原子番号の順に並べると、その化学的性質が周期性を示すことを表しています。ところが、原子番号が大きくなると、この周期性が成り立たなくなる可能性が指摘されています。

このような原子番号が100を超える元素（超重元素）は、加速器を用いることで作ることができますが、ごく少量しか生成できない上、全て短寿命の同位体であるため、その化学的性質はよく知られていません。この領域の元素を対象とした研究を進めることにより、これまで元素周期表という形で理解されてきた元素の化学的性質を、より統一的に理解できることが期待されています。

元素の化学的性質を決定付ける原子の電子配置の情報は、第一イオン化エネルギー（以下、IP₁）を実験的に決定することで得ることができます。私たちは、このような元素のIP₁を決定するため、高温の金属表面で起こる表面電離イオン化過程を応用した新しい手法を開発し、数秒に1個程度しか得ることのできない103番元素ローレンシウム (Lr) のIP₁の決定を可能にしました。

本研究は原子力機構タンデム加速器実験施設で行いました。カリホルニウム標的 (²⁴⁹Cf) へのホウ素ビーム (¹¹B) 照射によって合成した Lr 同位体 ²⁵⁶Lr (半減期 27 秒)

をタンタル表面（温度 2500 °C）でイオン化し、このときのイオン化効率を調べることで、IP₁を求めることができます（図3-2）。

本実験により得られたIP₁は、4.96^{+0.08}_{-0.07} eVでした。この値は、アクチノイドの中で最も低く、アルカリ金属であるナトリウム (5.1391 eV) にも匹敵するものでした。アクチノイドのIP₁の推移を、ランタノイドと比較したものを図3-3に示します。ランタノイドでは、テルビウム (Tb) からイッテルビウム (Yb) まで単調にIP₁が増加し、最後のルテチウム (Lu) で小さくなるが知られています。今回、LrのIP₁がほかのアクチノイドに比べて大幅に低いことを示したことにより、Lrがアクチノイド最後の元素であることを、初めて実験的に証明することができました。

さらに国際共同研究のもと、超重元素の原子における電子の運動を考慮した最新の理論計算を行ったところ、理論計算値 4.963 ± 0.015 eV が得られ、実験値を良く再現することが確かめられました。この一致は、元素の化学的性質を決める電子の配置が、Lrでは周期表からの予想と異なることを示唆するものでした。

本研究は、アクチノイドの化学的性質のより深い理解に大きく貢献することが期待できます。

●参考文献

Sato, T. K. et al., Measurement of the First Ionization Potential of Lawrencium, Element 103, Nature, vol.520, issue 7546, 2015, p.209-211.